

## 음향변환자 전면부 Housing에 의한 흡수손실에 관한 연구

최영호\* · 장원실\*\* · 김영일\*\*\* · 오영석\*\*\*\* · 박승수\*\*\*\*\*

### A Study on the Absorption Loss by Forward Housing of Transducer

Young-Ho Choi<sup>+</sup>, Won-Sil Jang<sup>++</sup>, Young-Il Kim<sup>+++</sup>, Young-Seock Oh<sup>\*\*\*\*</sup>, Seung-soo Park<sup>\*\*\*\*\*</sup>

**Abstract** : 선저탐재식 음향변환자는 돌출형에 한에 유체항력 및 유체유기소음을 감소시키기 위해 유선형 housing을 장착하고 있다. housing의 형상 및 재질에 따른 흡수손실(absorption loss)은 필연적으로 발생하게 되며, 정밀한 음향설계를 위해서는 이론해석 및 실험검증이 필수적이다. 본 연구는 해석기법으로는 BEM기법을 사용하였고, 실험검증은 음향수조에서 음원준위 측정법을 사용하여 수행하였으며, 해석 및 실험에서 유사한 결과를 도출하였다.

**Key words** : Transducer(음향변환자), Matching layer(정합층), BEM method(경계요소법), Absorption loss(흡수손실)

#### 1. 서론

음향변환자(Transducer)는 일반적으로 PZT계열의 ceramic을 사용하기 때문에 음향전파매질(공기 또는 물)에 비해 임피던스(impedance)가 높다. 그러므로 음향전파 효율을 높이기 위해 PZT와 전파매질 사이에 정합층(matching layer)을 두어 경계면에서의 반사율을 낮춰주는 것이 일반적이다<sup>[1]</sup>.

포터블(portable)해양측량장비의 경우 음향변환자 전면부에 정합층외에 다른 경계층이 부착되지 않지만 선저탐재식 장비의 경우 돌출형 음향변환자에 한에 유체항력 및 유체유기소음을 감소시키기 위해 유선형 housing을 장착하고 있다. housing의 장착에 있어 그 재질이 정합층과 동일할 경우 흡수손실(absorption loss)없이 전파가 원활히 이루어지지만 정합층의 재질은 제조공정의 기밀에 속하기 때문에 공개되지 않는 것이 일반적이다.

본 연구에서는 음향변환자의 전면부 housing장착에 있어 재질과 형상에 따른 흡수손실 정도를 수치해석과 실험을 통해 고찰하고 이를 통해 최적의 음향설계방법을 연구하고자 한다.

#### 2. BEM 수치해석

음향/소음해석에 사용되는 대표적 수치해석기법으로 유한요소법(Finite Element Method:이하 FEM)과 경계요소법(Boundary Element Method:이하 BEM) 그리고 유한차분해석법(Finite Difference Method:이하 FDM)이 있다.

FEM은 구조진동의 경우 가장 정확한 해석기법이나 음향/소음해석시에는 외부 유체의 경계에서 외부로 향하는 무한 경계조건을 적용하는데 어려움이 있어 해석이 제한적이다. 그러나 유한 경계조건인 경우 해석에 많이 이용되고 있다. BEM은 구조진동의 경우 복잡한 구조물의 해석이 부정확하다는 단점이 있으나, 음향 및 소음 해석에 가장 많이 이용되는 수치기법으로 무한 경계 및 유한 경계 조건 모두 해석이 가능하다. FDM은 과동 방정식을 직접 다루어 위의 문제는 해결할 수 있으나, 임의 형상의 격자를 선정하기가 어렵고 시간과 공간의 불일치에 의한 격자 산란 영향이 시간이 진행함에 따라 누적되는 현상이 발생한다.

음향변환자의 음향해석은 무한경계조건을 가지므로 FEM해석시에는 흡음경계조건을 가정해야 하고 또, 해석 시간이 많이 소요되는 단점이 있다. 이에 반해 BEM해석의 경우 이러한 경계조건을 고려하지 않아도 되며, 해석시간에서도 FEM에 비해 경제적이다. 그러므로 본 연구에서는 BEM기법을 이용하여 음향변환자의 음향해석을 수행하였다.

#### 2.1 음향변환자 Housing 모델링

BEM을 이용한 음향해석은 크게 모델링(modeling), 전처리(pre-processor), 수치해석(numerical analysis), 후처리(post-processor)의 과정으로 나누어진다. 모델링에는 SOLIDWORKS를 사용하였고, 전처리는 PATRAN을 그리고 수치해석과 후처리는 SYSNOISE와 MATLAB을 각각 사용하였다.

Fig. 1의 (a)는 SOLIDWORKS를 이용하여 housing의 전면부를 모델링 한 것이고, (b)는 PATRAN을 통해 요소망(mesh)을 생성한 그림이다. 요소생성시 요소의 크기는 해석의 정확도에 민감한 영향을 주는 주된 요인이 되는데, SYSNOISE는 요소의 크기를  $\frac{1}{6} \lambda$  ( $\lambda$ : 파장)<sup>[2]</sup>로 제한하고 있다. 본 연구에서도 이에 준하여 요소를 생성하였다.

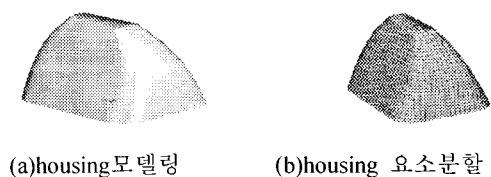


Fig. 1. Housing 모델링 및 요소분할



Fig. 2. housing 모델링 및 요소분할

Fig. 2의 (a)는 음향변환자이며, (b)는 housing내의 음향변환자를 모델링한 그림이다.

+ 최영호[ 소나테크(주) ],E-mail:yhchoi@bada.hhu.ac.kr, Tel: 051)403-7797  
 ++ 장원실[ 소나테크(주) ],E-mail:wsjang@sonartech.com, Tel: 051)403-7797  
 +++ 김영일[ 소나테크(주) ],E-mail:youngil@sonartech.com, Tel: 051)403-7797  
 ++++ 오영석[ 소나테크(주) ],E-mail:dolphin@sonartech.com, Tel: 051)403-7797  
 \*\*\*\*\* 박승수[ 소나테크(주) ],E-mail:sspark@sonartech.com, Tel: 051)403-7797

## 2.2 음향해석 결과

Fig. 3은 음향변환자의 전면부 음장을 계산하기 위해 음향 변환자의 전방 1m에 대한 요소생성 그림이다. (a)는 측단면이고, (b)는 종단면이며, 각각 Y-Z와 X-Z평면으로 좌표계를 정의 한다. Housing 및 해수의 밀도와 음속은 표 1과 같다.

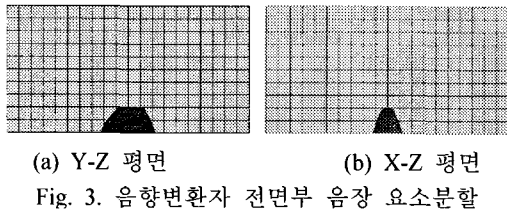


표 1. housing 및 해수의 물성치

표면 재질	밀도(kg/m <sup>3</sup> )	음속(m/sec)	내부 재질
우레탄 고무	1050	1450	우레탄 고무
해수	1024	1480	해수

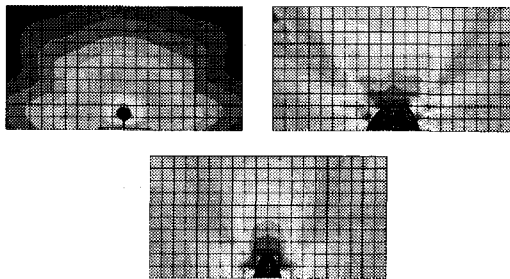


Fig. 4. 음향변환자 전면부 음장해석결과(12kHz)

Fig. 4는 12kHz에서의 음장해석결과로 housing장착전인 (a)의 결과에 비해 (b)와 (c)의 housing장착후의 음향이 전파가 좀더 Z축을 중심으로 집중되는 것을 확인 할 수 있다. 이는 housing의 형상으로 인해 발생한 결과로 광학에서 볼록렌즈와 같은 역할을 음향에서 housing이 수행한 것으로 판단된다. 이외의 주파수 대역에서도 이와 유사한 결과를 보였으며, 저주파수에 비해 고주파수에서 이러한 현상이 두드러지게 나타나는 것을 확인하였다.

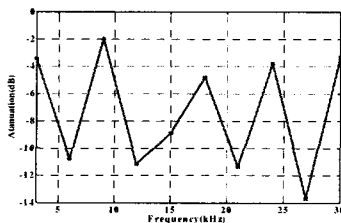


Fig. 5. housing장착후 주파수에 따른 손실

Fig. 5는 Housing장착후 주파수에 따른 손실정도를 수치해석한 결과로 대략 2dB에서 14dB 정도의 손실이 발생하는 것으로 나타났다.

## 3. 실험 및 고찰

한국해양대학교 해양개발공학부에서 보유하고 있는 음향수조에서 수행되었다. Fig. 6은 성능시험 사진으로 (a)는 housing 장착전, (b)는 housing 장착후의 실험 사진이다.

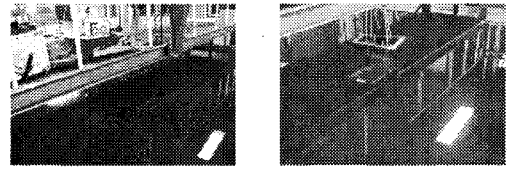


Fig. 6 Housing 장착 전후의 흡수손실 준위 측정 실험

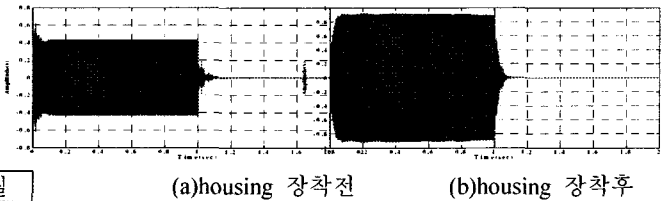


Fig. 7 흡수손실 준위 측정 실험결과(time signal:12kHz)

Fig. 7은 12kHz의 실험결과로 (a)는 housing 장착전, (b)는 housing 장착후의 시계열 파형 그림이다. 실험에서는 증폭기를 통해 수신증폭을 하였기 때문에 파형의 비교는 무의미하며, Fig. 8과 같이 증폭치를 보정하여 주파수별로 비교하는 것이 바람직하다.

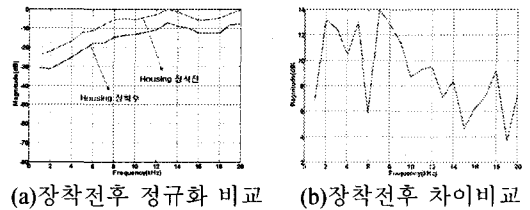


Fig. 8 흡수손실 준위 측정 실험결과

Fig. 8의 (a)는 housing장착전의 음원준위를 기준으로 전후의 값을 정규화한 것이고, (b)는 장착전후의 값 차이를 나타낸 그림이다. 그림에서도 알 수 있듯이 장착 전후의 손실준위는 대략 4dB에서 14dB 정도의 손실이 발생한다.

## 4. 결론

본 연구는 음향변환자 전면부의 housing장착에 따른 흡수손실에 대한 해석기법 및 실험검증에 관한 연구로 해석기법으로는 BEM기법을 사용하였고 실험검증은 음향수조에서 음원준위 측정법을 사용하여 수행하였다.

해석결과는 2dB~14dB, 실험결과는 4dB~14dB로 서로 유사한 범위를 가지지만 분포의 형태는 유사성이 낮다. 이는 해석상의 제한조건과 실험상의 제한조건으로 인해 발생한 결과로 판단되며, 추후 보다 정밀한 실험조건 및 해석조건으로 이러한 문제를 해결 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] R.E. Newnham, A. Safari, G. Sa-Gong & I. Giniewicz, "Flexible Composites Piezoelectric Sensor", IEEE Proc., Int'l Ultrason. Sympo., p.501, 1984
- [2] Sysnoise 5.5 Manuals Volume I-IV, LMS
- [3] Urlick R. J., 1983, Principles of Underwater Sound-3rd ed., McGraw-Hill Book Company.